

МОДЕЛЬ ЭРЕНФЕСТОВ КАК ОСНОВА ДЛЯ ПРОВЕРКИ СОВРЕМЕННЫХ ГИПОТЕЗ НЕРАВНОВЕСНОЙ ФИЗИКИ

Жерноклеев Г.А.^{*}, Мартюшев Л.М.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: glebster47@mail.ru

THE EHRENFEST URN MODEL AS A BASIS FOR VERIFICATION OF MODERN HYPOTHESES OF NONEQUILIBRIUM PHYSICS

Zhernokleev G.A.^{*}, Martyushev L.M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The Ehrenfest urn model has attracted considerable attention both for its heuristic value in statistical mechanics and for its mathematical interest as a simple Markoff process. It appears to be simple for checking various statements of nonequilibrium physics.

В 1907 г. П. и Т. Эренфестами была предложена простая модель, призванная прояснить некоторые проблемы, возникшие в результате дискуссии Больцмана, Пуанкаре и ряда других ученых [1]. Модель в первоначальном ее виде можно описать так: $2R$ шаров, занумерованных от 1 до $2R$, раскладывают по двум ящикам A и B . Затем «случайно» выбирается целое число между 1 и $2R$, и шар с этим номером перекладывают из коробки, где он лежит, в другую. Эта процедура затем повторяется много раз. Модель позволяла описывать релаксацию изолированной системы к равновесию и рассчитывать ряд термодинамических характеристик, в частности, энтропию. К достоинствам данной модели можно отнести ее простоту и возможность точного аналитического решения [1].

Позднее модель Эренфестов была расширена М. Клейном [2]. В ней для выбранного шара с номером от 1 до $2R$ подбрасывалась монета α (если шар выбран из ящика A). Выпадение «орла» с вероятностью p или «решки» с вероятностью q определяло перемещение шара в B или сохранение шара в A соответственно. Аналогичные вероятности p' и q' монеты β можно ввести и для шара, взятого из B . Такая модель позволяет описать физическую систему в неравновесном стационарном состоянии.

Обе модели были реализованы в математическом пакете Maple в двух вариантах. В первом - в виде игровой модели (симуляции) по правилам, описанным выше, при этом выбор случайного шара осуществляется с помощью генератора псевдослучайных чисел «вихрь Мерсенна» (Mersenne twister). Во втором варианте реализован прямой метод расчета по аналитической формуле, полученной М. Кацем для вероятности нахождения $(R+m)$ шаров в одном из ящиков за s шагов (перекладываний), если в начальный момент в этом ящике было $(R+n)$ шаров. Сравнение результатов двух подходов (аналитического и игрового) как для

модели Эренфестов, так и для модели Клейна не выявило расхождений и противоречий.

На основе вышеописанных моделей планируется рассчитать энтропии Гиббса и Больцмана, а также проверить различные положения неравновесной физики (принцип максимальности производства энтропии, флуктуационная теорема и другие).

1. Кац М., Вероятность и смежные вопросы в физике, Мир (1965).
2. Klein M., Physic Review, 103, 17 (1956).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИФФУЗИОННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ КАТОДА В РАФИНЕРЕ КОАКСИАЛЬНОЙ СИММЕТРИИ

Вахитов А.И.^{*}, Смирнов Г.Б., Фокин А.А.

УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: anton-vakhitov@yandex.ru

CATHODE DIFFUSION POLARIZATION INFLUENCE MODELING IN COAXIAL SYMMETRY REFINER

Vahitov A.I.^{*}, Smirnov G.B. Fokin A.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The authors represent results of research of diffusion polarization influence on cathode sediment growth on the example of metal refining process in coaxial symmetry electrolyzer.

В ранее разработанном алгоритме моделирования роста катодного осадка в электролизере коаксиальной симметрии не было учтено возможное влияние диффузионной поляризации на процесс осаждения металла[1].

В настоящей работе проведено исследование влияние диффузионной поляризации на модельный процесс роста катодного осадка. Для расчета поляризации были использованы усредненные параметры коэффициента диффузии $D=2 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$ и толщины диффузионного слоя $\delta=2 \cdot 10^{-3} \text{ см}$. Эти параметры дали возможность рассчитать некую гипотетическую поляризационную кривую, которая позволила принципиально оценить степень влияния поляризации на результаты моделирования. Критерием оценки влияния поляризации является показатель вычислительной производительности.

В результате моделирования было получена зависимость расчетной производительности от напряжения при учете поляризации и без учета поляризации (рис. 1). Из графика видно, что производительность при учете поляризации меньше чем без ее учета. В среднем расхождение $\Delta p=48,3 \text{ г/ч}$ (10%).